

Revista Ra'E Ga  
Curitiba, v.41 Temático de Geomorfologia, p.49-64, Ago/2017

DOI: 10.5380/raega  
eISSN: 2177-2738



## **PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARREAS DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL**

### **PEDOGENESIS AND MORPHOGENESIS IN MIDDLE VALLEY MARREAS RIVER DURING THE LATE QUATERNARY – SOUTHERN BRAZIL**

Julio Cesar Paisani<sup>1</sup>, Marga Eliz Pontelli<sup>2</sup>, Josielle Samara Pereira<sup>3</sup>, Alana Jaqueline Cavazini<sup>4</sup>

#### **RESUMO**

É apresentado resultados da aplicação de descrições pedoestratigráficas, análise micromorfológica e estabelecimento de geocronologia de registros estratigráficos em fundo de vale de segunda ordem colmatado, no médio vale do rio Marrecas (Sul do Brasil). Os resultados visaram verificar se os processos de pedogênese e morfogênese detectados na superfície geomórfica 2 (S2) se estenderam para oeste em superfícies geomórficas regionais entre os estados do Paraná e Santa Catarina. Constata-se que tais processos no médio vale do rio Marrecas estão em conformidade com outros reconhecidos em escala regional no Planalto das Araucárias, no que se refere ao período entre o Último Interstadial e o Último Máximo Glacial, enquanto que fatos sugeridos como ocorridos no Holoceno necessitam melhor compreensão.

**Palavras-chave:** paleocanal, paleossolo, colúvio, pedoestratigrafia.

#### **ABSTRACT**

It is presented results of the application of pedostratigraphic descriptions, micromorphological analysis and establishment of geochronology of stratigraphic records from valley bottom of second order clogged in the middle valley of the river Marrecas (Southern Brazil). The results targeted to verify if the pedogenesis and morphogenesis processes detected in surface geomorphic 2 (S2) extended west regional geomorphic surfaces between the states of Parana and Santa Catarina. It is observed that the such processes in the middle valley of Marrecas river are in line with other recognized at the regional level in the Araucária Plato, as regards the period between the Last Interstadial and the Last Glacial Maximum, while suggested facts as occurred in the Holocene require better understanding.

**Key-words:** paleochannel, paleosoil, colluvium, pedostratigraphic.

Recebido em: 26/10/2016

Aceito em: 20/06/2017

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão /PR e-mail: [juliopaisani@hotmail.com](mailto:juliopaisani@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão /PR e-mail: [mepontelli@hotmail.com](mailto:mepontelli@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão /PR e-mail: [josy.samara@hotmail.com](mailto:josy.samara@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão /PR e-mail: [alana\\_cavazini@outlook.com](mailto:alana_cavazini@outlook.com)

**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARRECA DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL****1. INTRODUÇÃO**

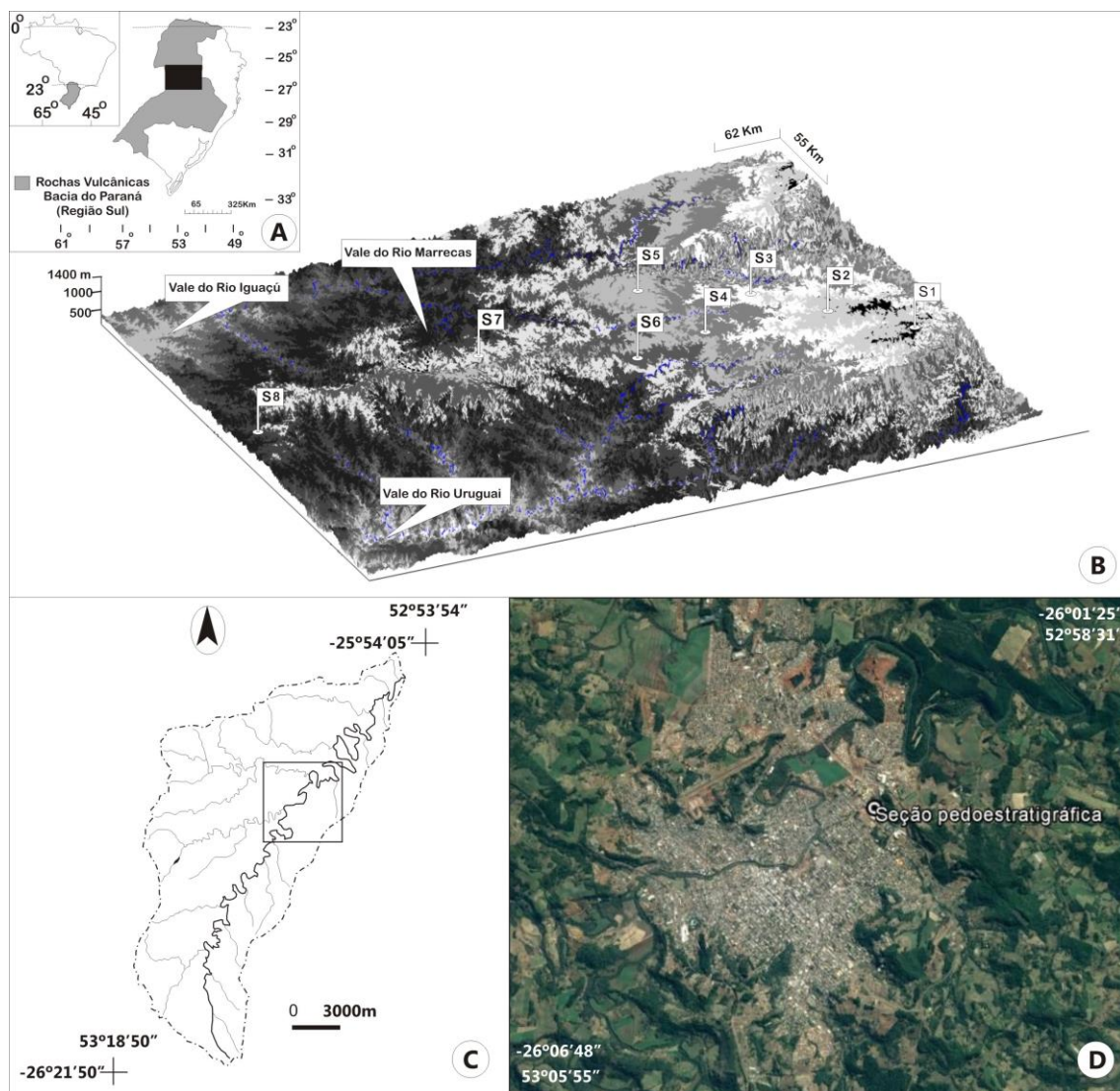
A evolução do relevo da área compreendida pela ocorrência dos derrames vulcânicos Neocretáceos da Bacia Sedimentar do Paraná na região sul do Brasil (Figura 1A), Planalto das Araucárias, ainda é questão em aberto e vem fundamentando estudos em diferentes escalas de análise espacial e temporal (ALMEIDA, 1956; PAISANI et al., 2013a; PONTELLI e PAISANI, 2015; RIFFEL et al., 2016). Entre os estados do Paraná e Santa Catarina foram reconhecidas oito superfícies geomórficas designadas, inicialmente, de remanescentes de superfícies aplainadas – S1 a S8 (PAISANI et al., 2008) (Figura 1B), por serem dissecadas pelos principais tributários dos sistemas hidrográficos dos rios Iguaçu e Uruguai (Figura 1B). Esses remanescentes de superfícies são mantidos tanto por basaltos (S8 a S3) quanto por riolitos (S2 e S1) da Formação Serra Geral (PAISANI et al., 2008; CHMYZ, 2013), bem como apresentam formações superficiais constituídas por perfis de intemperismo com diferentes espessuras contendo, sobretudo, Latossolos nas superfícies mantidas por basalto (PAISANI et al., 2013a; PONTELLI et al., 2014).

Na S2, também conhecida como Superfície de Palmas/Água Doce, registram-se Neossolos litólicos e paleossolos enterrados tanto em fundos de vales de baixa ordem (< 4ª ordem – Classificação de Strahler) quanto em cabeceiras de drenagem colmatadas por sedimentos coluviais (GUERRA e PAISANI, 2012; 2013; PAISANI et al., 2012; 2013b; 2014; 2015; 2016a; 2016b). Essas unidades de relevo estão fossilizadas na paisagem da S2 e são detectadas em seções estratigráficas expostas em cortes de estrada. Seus registros estratigráficos documentam a recorrência dos fenômenos de pedogênese e morfogênese ao longo do Quaternário Tardio, igualmente ao verificado para o Segundo Planalto Paranaense (MELO et al., 2003; CAMARGO FILHO et al., 2016). A

correlação cronoestratigráfica entre paleossolos enterrados em fundos de vales de baixa ordem e cabeceiras de drenagem colmatadas, na S2, sugerem que o fenômeno de pedogênese é de cunho regional, cuja última fase de ocorrência se deu durante o Último Interstadial (PAISANI et al., 2014). Já os fenômenos de coluvionamento ocorreram desde o Último Máximo Glacial, sendo mais expressivos no Holoceno Médio (PAISANI et al., 2016). Sua recorrência ainda não permite distinguir paleoeventos hidrológicos de cunho local daqueles eventos de cunho regional.

Nas demais superfícies geomórficas mantidas por basalto, a homogeneidade dos Latossolos deixa dúvida se os fenômenos de pedogênese e morfogênese detectados na S2 se estenderam para tais superfícies (PAISANI e PONTELLI, 2012). Depósitos de colúvios foram detectados em encostas mantidas por basalto que bordejam patamares (ombreiras) do médio vale do rio Marrecas (Figura 1B,C) (PAISANI e GEREMIA, 2010), a oeste da S2, mas não se sabe se tais fenômenos são correlacionáveis aos detectados em fundos de vales de baixa ordem e cabeceiras de drenagem colmatadas da S2. Recentemente identificou-se, no referido setor hidrográfico (Figura 1D), fundo de vale de baixa ordem contendo paleossolo enterrado por colúvios, cujos registros estratigráficos podem ser correlacionáveis aos eventos de pedogênese e morfogênese detectados na S2 ao longo do Quaternário Tardio. O presente artigo traz resultados da aplicação de descrições pedoestratigráficas, análise micromorfológica e estabelecimento de geocronologia dos registros estratigráficos de fundo de vale de segunda ordem colmatado no médio vale do rio Marrecas, visando verificar se os fenômenos de pedogênese e morfogênese detectados na S2 se estenderam para oeste nas demais superfícies geomórficas regionais entre os estados do Paraná e Santa Catarina.

PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., PEREIRA, J.S., CAVAZINI, A.J.  
**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARRECA DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL**



**Figura 1** – Distribuição espacial pelo sul do Brasil de rochas vulcânicas da Bacia do Paraná (A) e SRTM-DEM demonstrando remanescentes de superfícies aplainadas (S1, S2,...) dissecadas pelos sistemas hidrográficos dos rios Iguaçu e Uruguai (B) (modificado de PAISANI et al., 2013b). Bacia Hidrográfica do Rio Marrecas (C) (modificado de PAISANI et al., 2005). Sítio urbano de Francisco Beltrão com a localização de seção pedostratigráfica representativa dos fenômenos de pedogênese e morfogênese de fundo de vale de 2ª ordem colmatado (D) (imagem 2016 CNES/Astrium Google earth).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O canal de drenagem colmatado estudado localiza-se em fundo de vale chato, na planície de um dos tributários do médio curso do rio Marrecas (Figura 1C), entre 570 a 610 m de altitude, em colina constituída de relevo residual que chega a 627m de altitude. O fato do canal de drenagem estar colmatado e a dissecação da drenagem moderna ter se instalado em seu entorno propiciou inversão de relevo local, em que o canal de drenagem está fossilizado

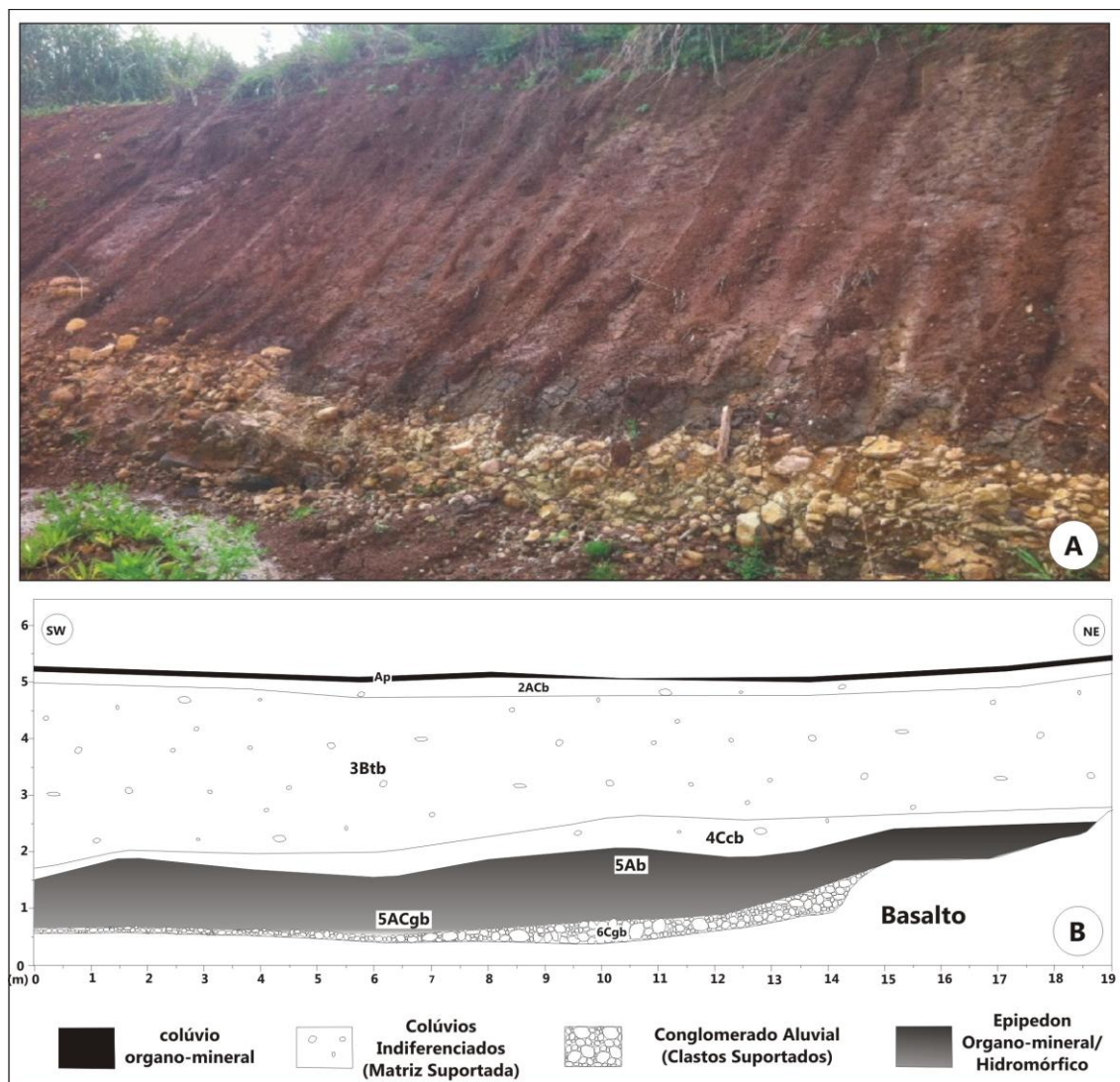
(paleocanal) no centro de uma colina caracterizada como ombreira (patamar) em frente ao referido relevo residual. Esta colina é mantida por Basalto, enquanto que o relevo residual é sustentado por Andesito Basáltico com fenocristais de Plagioclásio-Ca (Anortita), ambos integrantes da Fácies Capanema (WILDNER et al., 2006). A cobertura vegetal natural da bacia do rio Marrecas é Floresta de Araucária, porém substituída pelas atividades rurais desde a década de 1940 (MAACK, 1948; 1949; 1950). O

clima regional é Cfa na classificação de Köppen (CAVIGLIONE et al., 2000), com precipitação média de 2.046 mm.ano<sup>-1</sup> bem distribuída e temperatura média anual de 19,2°C (média máxima = 26°C e média mínima = 14°C) (IAPAR, 2016).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O registro estratigráfico de canal de

segunda ordem colmatado do médio vale do rio Marrecas foi exposto pela abertura de ruas decorrente de expansão imobiliária do sítio urbano do município de Francisco Beltrão-PR. A seção estratigráfica tem 18 m de extensão por 5,25 m de altura (Figura 2A) e revela os materiais em corte da margem esquerda do canal de segunda ordem colmatado.



**Figura 2** – Seção estratigráfica exposta pela abertura de ruas decorrentes de expansão imobiliária do sítio urbano do município de Francisco Beltrão-PR (A). Material escuro na base corresponde a paleossolo hidromórfico flúvico enterrado. Arquitetura de cinco unidades pedoestratigráficas reconhecidas na referida seção (B).

A descrição do registro estratigráfico desse canal seguiu a matriz metodológica empregada em trabalhos anteriores

desenvolvidos na S2, que conjuga critérios lito-, pedo-, alo- e cronoestratigráficos (HUGHES, 2010). Inicialmente se reconheceu unidades

litológicas, aluviais e coluviais, com base em características identificadas em campo, tais como: cor, geometria, textura e constituintes da fração maior que grânulo. Reconstituiu-se, em papel milimetrado, a geometria das unidades estratigráficas em perspectiva bidimensional (NICHOLS, 1999).

Posteriormente aplicou-se a descrição morfológica pedológica e nomenclatura pedoestratigráfica (CATT, 1990). Procedeu-se a coleta vertical de amostras deformadas, a cada 10 cm de profundidade, em janela de observação. Em tais amostras determinou-se a granulometria para detectar mudanças verticais em tendências granulométricas passíveis de indicação de limites de camadas (PAISANI, 2004; OLIVEIRA e PAISANI, 2012; FACHIN, 2013; PEREIRA e GUERRA, 2014), bem como estabeleceu-se a classe textural das unidades pedoestratigráficas utilizando diagrama triangular, conforme SCHAETZL e ANDERSON (2005).

Amostras indeformadas dos níveis pedoestratigráficos coluviais 4Ccb e 3Btb foram coletadas para descrição micromorfológica, visando reconhecer feições micromorfológicas vinculadas a área fonte, aos processos deposicionais e a transformações pós-deposicionais (retomada da pedogênese), como recomendado por PAISANI e PONTELLI (2012). A impregnação e laminação foram realizadas pelo laboratório de Laminação da USP, enquanto que as descrições no laboratório de Microscopia Ótica (Micromorfologia) da UNIOESTE, com base em critérios e nomenclatura de STOOPS (2003).

A cronologia do registro estratigráfico foi estabelecida determinando-se a idade pelo método  $^{14}\text{C}$  (AMS), de carvões presentes no horizonte 5ACgb, e do sinal de luminescência de grãos de quartzo presentes na base do horizonte 3Btb. Amostras dos materiais foram submetidas, respectivamente, aos laboratórios *Beta Analytic Inc.* (USA) e de Datação da empresa Datação, Comércio e Prestação de Serviço Ltda (Brasil). Neste último, a luminescência dos sedimentos foi obtida por estimulação ótica (LOE) em grãos de

quartzo com quinze alíquotas (SAR).

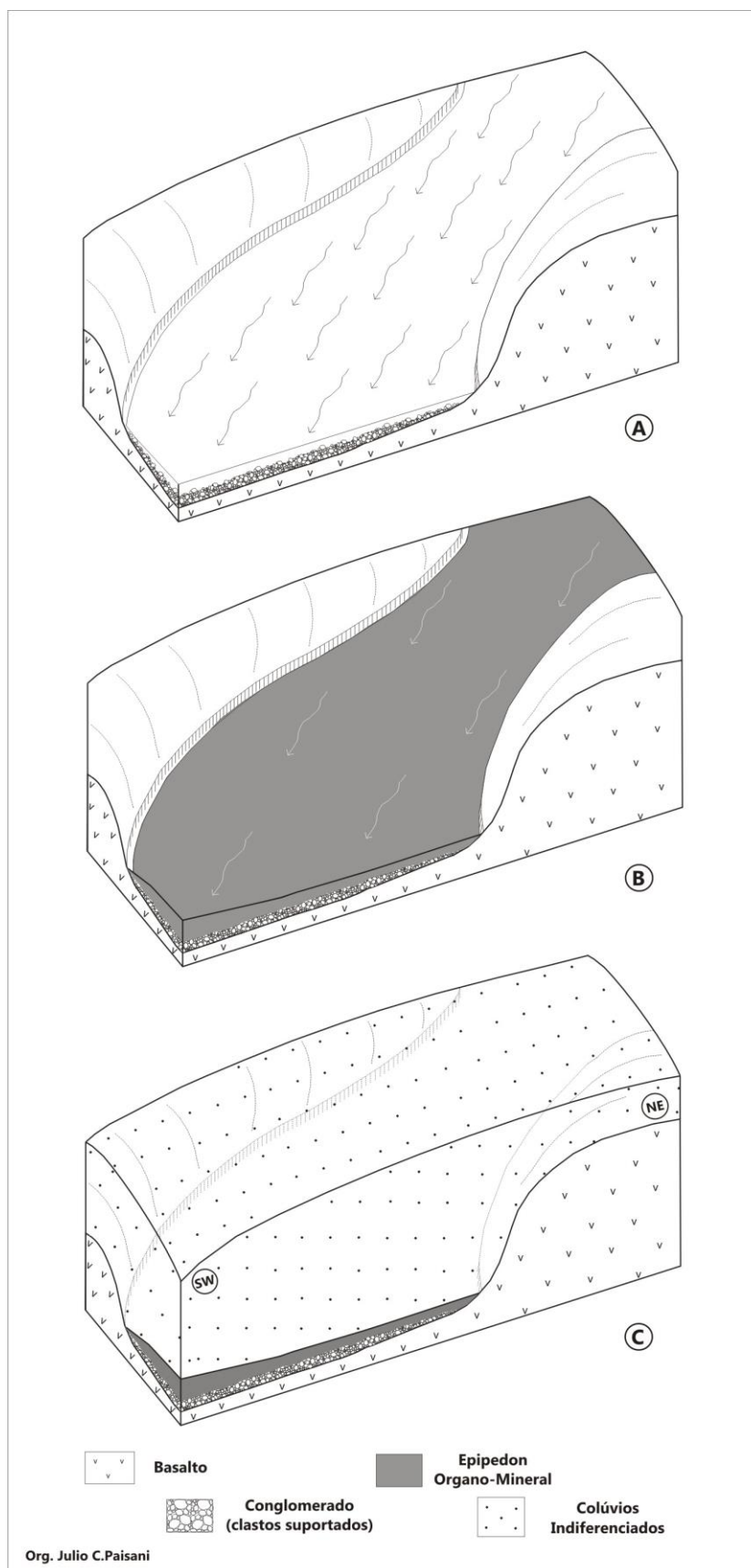
#### **4.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **4.1 GÊNESE E MACROMORFOLOGIA DE UNIDADES PEDOESTRATIGRÁFICAS**

O registro estratigráfico de canal de segunda ordem colmatado do médio vale do rio Marrecas é constituído por materiais aluviais (níveis 6 e 5) e coluviais (níveis 3, 2 e 1 – Figura 2B). Sobre os primeiros se estabeleceram os horizontes 5Ab, 5ACgb e 6Cgb, enquanto que os materiais coluviais embasam os horizontes Ap, 2ACb, 3Btb e 4Ccb (Tabela 1). O horizonte 6Cgb se destaca em campo por ser constituído de fragmentos subarredondados de basalto, cuja aplicação de critérios sedimentológicos permitem individualiza-lo como conglomerado de clastos suportados (Figura 2, Tabela 1). Os clastos suportados representam sedimentos de barra de canal formada durante variações na hidrodinâmica fluvial entre regimes de cheia e vazante (SUGUIO e BIGARELLA, 1990), e expressam fluxos de alta energia (Figura 3A). Já os horizontes 5Ab e 5ACgb correspondem a sedimentos aluviais argilosos (pelitos) que se estabeleceram sobre regime hidrodinâmico de baixa energia (Figura 3B, Tabela 1).

Chama atenção o fato dessa mudança de fluxo estar desvinculada da formação de barra por migração lateral e vinculada a fenômeno hidrodinâmico que ocorreu ao longo de toda a seção transversal do canal. Essa significativa alteração na energia de fluxo propiciou a mudança no aporte de sedimentação do canal e regime de fluxo, passando de água corrente para fluxo hipodérmico em pântano. Isso resulta na ocorrência de ambiente hidromórfico com redução de ferro, originando horizonte glei (EMBRAPA, 2006). Sobre os sedimentos aluviais argilosos se estabelece vegetação, como testemunham traços de raízes nos referidos horizontes (Tabela 1, Figura 4A). Posteriormente esses materiais foram enterrados pelos níveis pedoestratigráficos subsequentes, constituindo paleossolo (Figura 3C).





**Figura 3** – Sequência de fatos estratigráficos em canal de drenagem de segunda ordem tributário do rio Marrecas.

PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., PEREIRA, J.S., CAVAZINI, A.J.  
**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARREAS DURANTE O QUATERNÁRIO  
TARDIO - SUL DO BRASIL**

**Tabela 1** – Morfologia das unidades pedoestratigráficas.

Horizonte	Espessura Média (cm)	Cor <sup>3</sup>	Textura <sup>4</sup>	Estrutura <sup>5</sup>	Consistência		Outras Características
					Seca <sup>6</sup>	Úmida <sup>7</sup>	
Ap <sup>1</sup>	15	5 YR 3/2	Argilosa	g <sup>b</sup>	s	fr	Raízes modernas, fragmentos líticos
2ACb <sup>1</sup>	30	5 YR 3/3	Franco-argilosa	g-bs <sup>c</sup>	s	fi	Fragmentos líticos, concreções ferruginosas fração areia muito grossa
3Btb <sup>1</sup>	170	5 YR 4/4	Argilosa	bs <sup>b</sup>	m	fi	Fragmentos líticos
4Ccb <sup>1</sup>	90	7.5YR 7/6 a 2.5 YR 3/3	Franco-argilosa	m-bs <sup>c</sup>	d	fi	Concreções ferruginosas centimétricas planoparalelas
5Ab <sup>2</sup>	50	5 YR 4/3	Argilosa	bs-p <sup>a</sup>	d	fi	Traço de raízes fasciculadas, carvões
5ACgb <sup>2</sup>	130	10 YR 5/1 a 5/2	Argilosa	bs <sup>a</sup>	d	fi	Traço de raízes fasciculadas
6Cgb <sup>2</sup>	40	10 YR 5/1 a 5/2 e 5 YR 4/3	Franco-argilo-siltosa <sup>8</sup>	-	-	-	Blocos e seixos de basalto suportados com córtex de alteração milimétrico a centimétrico

Gênese coluvial<sup>1</sup> e aluvial<sup>2</sup>. Segundo Carta de Munsell<sup>3</sup>. Diagrama triangular da USDA<sup>4</sup> (SCHAETZL e ANDERSON, 2005). g: granular<sup>5</sup>, bs: blocos subangulares, p: prismática com grau de desenvolvimento forte<sup>a</sup>, médio<sup>b</sup> ou fraco<sup>c</sup>, m: maciça. <sup>6</sup>d: dura, m: macia, s: solta. <sup>7</sup>fi: firme, r: friável. <sup>8</sup>matriz.



**Figura 4** – Traços de raízes fasciculadas no horizonte 5Ab (A) e concreção ferruginosa caracterizada por morfologia tabular, em seu topo, e ondulada, na sua base, estabelecida no horizonte 4Ccb (B).

Os materiais dos horizontes Ap, 2ACb, 3Btb e 4Ccb mostram-se parecidos quanto a cor (Tabela 1), mas puderam ser individualizados

diante de variações granulométricas verticais (CAVAZINI et al., 2015) e outras características morfológicas pedológicas observadas em campo.



**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARREAS DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL**

O horizonte 4Ccb se encontra na base de sequência coluvial que colmatou o canal de 2ª ordem. Ele se destaca em relação aos demais níveis pedoestratigráficos por exibir acumulações de ferro na forma de concreções ferruginosas dispostas subhorizontalmente (Tabela 1, Figura 4B). Essas concreções evidenciam a acumulação de sesquióxidos de ferro por fluxos subsuperficiais verticais e, sobretudo, laterais para o eixo do canal após sua colmatamação (THOMAS, 1994). O horizonte 3Btb tem 170 cm de espessura, rico em fragmentos líticos e fração  $\geq$  areia grossa, caracterizados por fragmentos de rocha, quartzo, plagioclásio, calcedônia e calcita (Tabela 1, Figura 2B). Já o horizonte 2ACb, além de apresentar esses constituintes em menor proporção, mostra-se parcialmente melanizado com predomínio de concreções ferruginosas na fração areia muito grossa (Tabela 1, Figura 2B). Ao passo que o horizonte Ap apresenta característica similar ao anterior, porém se distingue da unidade subjacente pela textura argilosa, além da maior melanização (Tabela 1, Figura 2B).

#### **4.2 MICROMORFOLOGIA DOS HORIZONTES 4CCB E 3BTB**

As principais características micromorfológicas (material grosso, micromassa, distribuição relativa, poros e pedofeições) dos horizontes 4Ccb (280 cm de profundidade) e 3Btb (110 e 60 cm) estão demonstradas no quadro 1. O horizonte 4Ccb tem distribuição relativa porfirica aberta, intercalada com porfirica fechada com espaço duplo, indicando microlaminações (Figura 5A). A gênese das microlaminações é vista como decorrente do escoamento superficial, por fluxos com diferentes graus de viscosidade (BERTRAND e TEXIER 1999). Sua morfologia preserva-se face o baixo grau de pedogênese pós-deposicional do material. Por sua vez, as microlaminações podem estar determinando o padrão subhorizontal das acumulações de ferro observadas em escala macroscópica (Tabela 1). São comuns

microfeições de translocação de sesquióxidos na micromassa (Figura 5B), que por vezes promovem o preenchimento de poros cavitários e vesiculares. Poros planares registram cutans de crescimento em pequenas proporções, sugerindo maior translocação desses constituintes.

O horizonte 3Btb apresenta microestrutura em blocos subangulares com predomínio de grau de desenvolvimento moderado, em sua porção central, e forte, em seu topo (Quadro 1; Figura 5C, E). Não se registra microlaminações, mesmo que fragmentadas por poros planares entre os pedes. Fato este que leva a pensar em material parental gerado por movimentos de massa de alta viscosidade. Há menor ocorrência de microfeições de depleção de sesquióxidos de ferro, comparadas ao horizonte 4Ccb. Por outro lado, é comum no horizonte 3Btb acúmulo de argilans segregando sesquióxidos em poros planares, geralmente na forma de preenchimento contínuo, sobretudo em seu topo (Figura 5D, F).

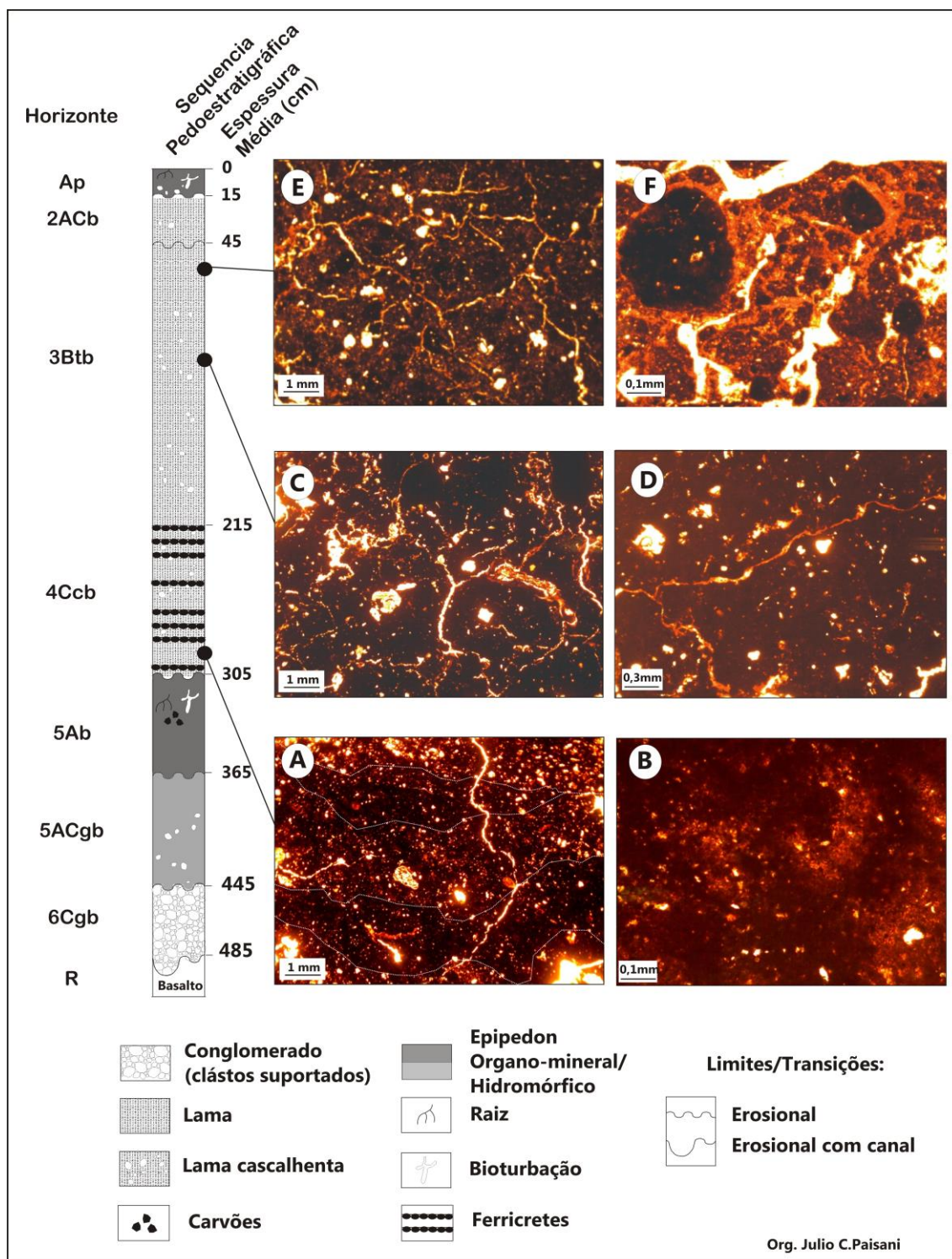
Isso sugere que no horizonte 4Ccb há maior incidência sazonal de umidade que em relação ao horizonte 3Btb. De fato, o horizonte 4Ccb se estende pelo eixo do canal colmatado logo acima do paleossolo com características hidromórficas. A precipitação de sesquióxidos deve ter ocorrido justamente nesse nível tanto pela oscilação do lençol suspenso, que gerou o paleossolo hidromórfico, quanto por fluxos laterais subsuperficiais ao longo do eixo do canal colmatado. Já os nódulos encontrados no horizonte 3Btb são de origem alóctone vinculados a segregação de sesquióxidos por processos pedogenéticos decorrentes de umectação e dessecação nas áreas fontes do material coluvial (THOMAS, 1994). Processo que se manteve após o estabelecimento desse horizonte. De todo modo, a depleção e precipitação de sesquióxidos de ferro mostra-se como fenômeno contínuo ao longo do tempo desde o estabelecimento do nível pedoestratigráfico 4Ccb.

**Quadro 1** - Principais atributos micromorfológicos dos horizontes 4Ccb e 3Btb.

PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., PEREIRA, J.S., CAVAZINI, A.J.  
**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARREAS DURANTE O QUATERNÁRIO  
TARDIO - SUL DO BRASIL**

Material Grosso			Micromassa					
Horizonte/ Profundidade (cm)	Composição a	Tamanho Predominante <sup>b</sup>	Cor <sup>c</sup>	Fábrica - Matriz <sup>d</sup>	Distribuição Relativa <sup>e</sup>	Pedalidade <sup>f</sup>	Poros <sup>g</sup>	Pedofeições <sup>h</sup>
3Btb/60	Qz <sup>3</sup> , Fr <sup>2</sup> , Af <sup>2</sup> , Np <sup>2</sup> , I/M <sup>2</sup> , Cd <sup>1</sup> , Pg <sup>1</sup> , Ct <sup>1</sup> , NI <sup>1</sup>	af <sup>3</sup> , amf <sup>2</sup> , am <sup>1</sup>	va <sup>3</sup> , ve, bae	m <sup>3</sup> , in <sup>2</sup>	pf <sup>3</sup>	pf <sup>3</sup> , pm <sup>2</sup>	p <sup>3</sup> , cv <sup>2</sup> , c <sup>2</sup> , ve <sup>1</sup>	pd <sup>3</sup> , hcd <sup>2,5,6</sup> , hci <sup>1,4</sup> , qci <sup>1,4</sup> , qcd <sup>1,4</sup> , pd <sup>3,5</sup> , cu <sup>2</sup> , pa <sup>1</sup> , ntf <sup>1,4</sup> , r <sup>1</sup>
3Btb/110	Qz <sup>3</sup> , Fr <sup>2</sup> , Af <sup>2</sup> , I/M <sup>2</sup> , Cd <sup>1</sup> , Pg <sup>1</sup> , Ct <sup>1</sup> , NI <sup>1</sup>	af <sup>3</sup> , amf <sup>2</sup> , am <sup>1</sup>	ve <sup>3</sup> , va, bae	in <sup>3</sup> , m <sup>1</sup>	pf <sup>3</sup>	pm <sup>3</sup> , pf <sup>2</sup>	p <sup>3</sup> , cv <sup>2</sup> , c <sup>2</sup> , ve <sup>1</sup>	pd <sup>3</sup> , hcd <sup>1,5,6</sup> , hci <sup>1,4</sup> , qci <sup>1,4</sup> , qcd <sup>1,4</sup> , pd <sup>3,5</sup> , cu <sup>2</sup> , pa <sup>1</sup> , ntf <sup>1,4</sup> , r <sup>1</sup>
4Ccb/280	Qz <sup>3</sup> , Fr <sup>2</sup> , Af <sup>2</sup> , Cd <sup>1</sup> , Pg <sup>1</sup> , Ct <sup>1</sup> , NI <sup>1</sup>	amf <sup>3</sup> , af <sup>2</sup> , am <sup>1</sup> , ag <sup>2</sup>	ve <sup>3</sup> , va, ,	in <sup>3</sup> , m <sup>2</sup>	pa <sup>3</sup> , pf <sup>3</sup>	a <sup>3</sup> , pm <sup>2</sup> , pf <sup>1</sup>	cv <sup>3</sup> , p <sup>2</sup> , c <sup>1</sup> , ve <sup>1</sup>	pd <sup>2</sup> , hcd <sup>2,5</sup> , hci <sup>3,4,6</sup> , qci <sup>1,4</sup> , qcd <sup>1,4</sup> , pd <sup>3,5</sup> , pl <sup>1,5</sup> , cu <sup>1</sup> , i <sup>2</sup> , pa <sup>2</sup> , ntf <sup>4,2</sup>

<sup>a</sup>Qz=quartzo, Cd=calcedônia, Pg=plagioclásio, Ct=calcita, Fr=fragmentos de rocha, Af=alteromorfolos, NI=nódulos litomórficos, Np=nódulo pedomórfico reliquitual, I/M=ilmenita/magnetita. <sup>1</sup> < 2%, <sup>2</sup> < 5%, <sup>3</sup> ≥ 50%, <sup>b</sup>amf=areia muito fina, af= areia fina, am=areia média, ag=areia grossa, <sup>c</sup> va=vermelho amarelado (5YR 5/6 – Munsell Chart), ve=vermelho escuro (2.5YR 3/6), bae=bruno avermelhado escuro, <sup>d</sup>in=indiferenciada, m=cristalítica manchada/pontilhada, <sup>e</sup>pa=porfírica aberta, pf=porfírica fechada espaço duplo, <sup>f</sup>a=apedico, pérido com pedalidade fracamente (pt), moderadamente (pm) e fortemente (pf) desenvolvida, <sup>g</sup>cv=cavitário, c=canal/câmara, ve=vesicular, p=planar, <sup>h</sup>hci=hipocutan de impregnação, hcd=hipocutan de depleção, qci=quasecutan de impregnação, qcd=quasecutan de depleção, pd=preenchimento denso contínuo, pl=preenchimento límpido, cu=cutan de crescimento, i=intercalações entrelaçadas/serrilhadas, pa=páculas, ntf=nódulo típico forte impregnação, associação com matriz<sup>4</sup>, poro<sup>5</sup>, grão<sup>6</sup>, r=raízes com baixo grau de decomposição.



**Figura 5** – Micrografias dos horizontes 4Ccb e 3Btb. Microlaminações (A) e zonas de translocação de sesquióxidos na micromassa (B) no horizonte 4Ccb. Microestrutura em blocos subangulares, com moderado desenvolvimento na porção central (C) e forte no topo (E) do horizonte 3Btb. Nesse horizonte há preenchimentos densos contínuos em poros planares, tanto na porção central quanto no topo (C, D).

#### 4.3 GEOCRONOLOGIA E CORRELAÇÕES CRONOESTRATIGRÁFICAS E PALEOCLIMÁTICAS

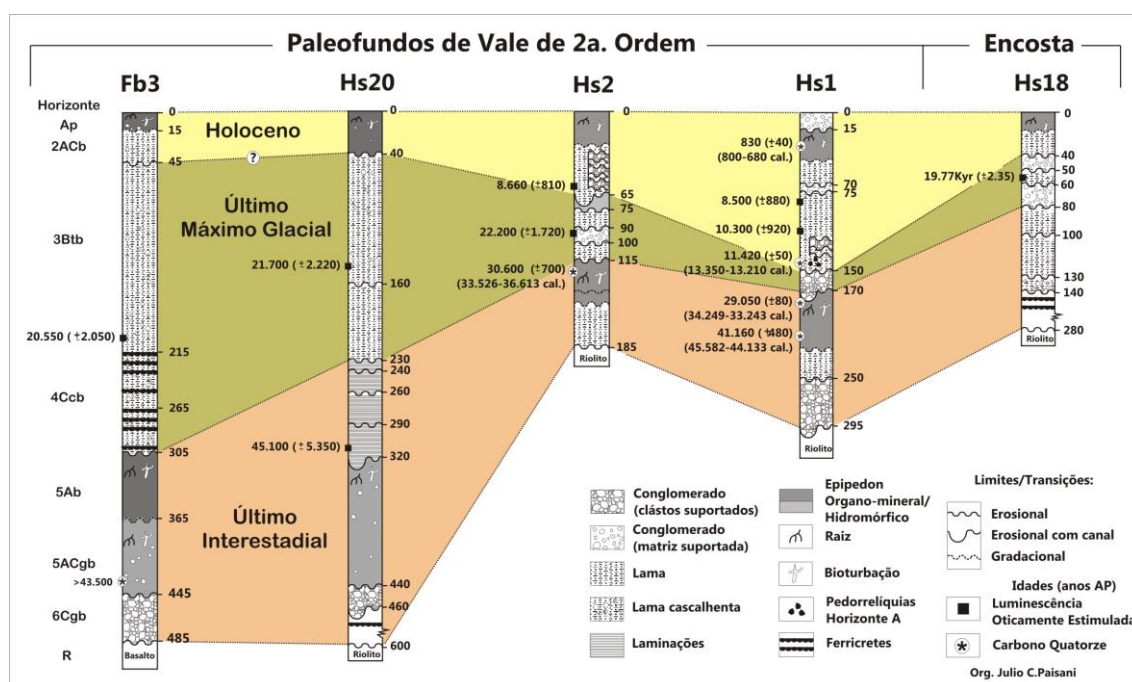
Carvões presentes na base do horizonte 5ACgb apresentaram cronologia, pelo método  $^{14}\text{C}$  (AMS), superior a 43.500 anos AP (Antes do Presente) (Tabela 2), atingindo o limite máximo de datação (WATCHMAN e TWIDALE, 2002). Por outro lado, o período de mudança na hidrodinâmica do canal e consequente desenvolvimento de Gleissolo (horizontes 5Ab a 6Cgb) pode ser inferido por correlação

cronoestratigráfica deste com registro similar encontrado em canais de segunda ordem colmatados, descritos na S2 (Figura 1B). Sequência aluvial pedogenizada, que documenta mudança de regime fluvial de alta para baixa energia (conglomerado para lama), seguido de desenvolvimento de Gleissolos, foi datada pelo método do  $^{14}\text{C}$  em seção Hs 1 da superfície geomórfica S2.

**Tabela 2** – Idades  $^{14}\text{C}$  e Luminescência Oticamente Estimada (LOE) dos horizontes 5Ab (paleossolo) e 3Cb (colúvio).

<sup>14</sup> C								
Horizonte	Local	Cód.Lab.	Idade (anos <sup>14</sup> C AP)		Idade (anos cal. <sup>14</sup> C AP)*		δ <sup>13</sup> C (‰)	
5Ab	base	420524	>43.500		-		-25.5	
Luminescência Oticamente Estimada (LOE)								
Horizonte	Local	Cód.Lab.	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Dose Anual (μGy.ano <sup>-1</sup> )	P (Gy)	Idade (anos A.P.)
3Cb	base	4486	7.59±0.27	2.71±0.11	0.21±0.03	1.620±80	33.3	20.550±2.050

\* 2 $\sigma$ , 95% de probabilidade.



**Figura 6** – Correlação cronoestratigráfica entre sequências pedoestratigráficas de canal de 2ª ordem colmatado (paleofundo de vale) do rio Marrecas (Fb3) e unidades pedoestratigráficas descritas em remanescente de superfície aplainada, regionalmente designada de S2 (seções colunares adaptadas dos registros estratigráficos descritos por Paisani et al. (2012; 2015), Guerra e Paisani (2013) e Ribeiro (2016).

**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARRECA DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL**

A seção Hs1 apresenta o maior detalhamento cronológico dos registros estratigráficos do referido remanescente de superfície aplainada, sendo entendida como seção guia dos estudos de Geomorfologia do Quaternário regional (Figura 6). Sequência aluvial similar ao do canal de 2ª ordem colmatado do médio vale do rio Marrecas se estabeleceu antes de 41.160 anos (AP), enquanto que a pedogênese desenvolveu horizonte A até cerca de 29.050 anos AP (Figura 5). Idades determinadas em paleohorizontes Ab de outros canais de 2ª ordem abandonados (paleofundos de vales), bem como de cabeceiras de drenagem colmatadas (paleocabeceiras), na S2 apontam para o intervalo de > 41.000 à >24.000 anos AP em que a pedogênese atuou sobre a sequência aluvial (PAISANI et al., 2014). Isso leva a pensar que a sequência aluvial pedogenizada do canal de 2ª ordem do médio vale do rio Marrecas é correlacionável a tais eventos do sistema fluvial na S2, e também se estabeleceu no intervalo de > 41.000 à >24.000 anos AP. Tal intervalo corresponde ao período compreendido pelo Último Interstadial, também conhecido como Estágio Isotópico Marinho 3 (LONG e STOY, 2013; RABASSA e PONCE, 2013), cujas condições climáticas eram úmidas e menos frias que os períodos/estágios precedentes. Na S2 a paisagem se mostrava em equilíbrio dinâmico e em fase com referido regime climático (PAISANI et al., 2014; 2016a). Deste modo, a sequência aluvial pedogenizada do canal de 2ª ordem do médio vale do rio Marrecas, por ser correlacionável aos fatos estratigráficos da S2, e também deve ter se estabelecido durante o Último Interstadial/Estágio Isotópico 3, em fase com regime climático mais úmido e menos frio desse período.

Os grãos de quartzo da base do horizonte 3Cb apresentaram idade média de  $20.550 \pm 2.050$  anos AP, pelo método da luminescência opticamente estimulada (Tabela 2). Essa idade sugere que o fenômeno de desestabilização das encostas no médio vale do rio Marrecas teve início no Último Máximo Glacial/Estágio Isotópico Marinho 2 (25.000 a >

11.700 anos AP). Depósitos de colúvios com idades próximas a essa também foram responsáveis pelo início do processo de colmatção de canais de 2ª ordem e desenvolvimento de rampas de colúvio na S2 (PAISANI et al., 2014; 2016a), sugerindo eventos de desestabilização das encostas de cunho regional, iniciados no Último Máximo Glacial (Figura 6).

No hemisfério sul o Último Máximo Glacial é marcado pela redução máxima das temperaturas e umidade durante o Último Glacial (PETIT et al., 1999). Dados palinológicos extraídos do *hollow* de cabeceira de drenagem na A.R.I.E. Buriti (município de Pato Branco), vizinha a área de estudo, apontam que durante esse período a vegetação era mais aberta por conta de regime climático mais seco (BERTOLDO et al., 2014). Por outro lado, as interpretações paleoambientais realizadas a partir dos registros estratigráficos de canais de segunda ordem e cabeceiras de drenagem colmatadas na S2 sugerem que elevados índices pluviométricos esporádicos, associados a flutuações climáticas em curtos períodos de tempo, podem ter desencadeado movimentos de massa responsáveis pela sedimentação coluvial, sobretudo no final do Último Máximo Glacial (PAISANI et al., 2013b; 2016a).

Esse fenômeno de sedimentação coluvial se manteve durante o Holoceno na S2. Similarmente é verificado no registro estratigráfico do canal de 2ª ordem colmatado do médio vale do rio Marrecas, em face do estabelecimento dos horizontes coluviais 2ACb e Ap (Figura 6). A retomada da pedogênese é um fenômeno moderno na S2, correspondendo ao final do Holoceno Superior (PAISANI et al., 2013b; 2014; 2016a; 2016b). No caso do médio vale do rio Marrecas, ainda não se pode precisar, mas deve seguir essa tendência a qual é apontada como de cunho regional (PAISANI et al., 2014).

## 5. CONCLUSÕES

A aplicação de descrições pedoestratigráficas, análise micromorfológica e estabelecimento da geocronologia do registro



**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARRECA DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL**

estratigráfico de canal de baixa ordem colmatado permite estabelecer a sequência de eventos de pedogênese e morfogênese, em fase com os registros pedoestratigráficos de fundos de vales de baixa ordem e cabeceira de drenagem fossilizadas na S2.

Mudança de regime de fluxo de canal, de alta para baixa energia, acarretou no desenvolvimento de solo hidromórfico durante o Último Interestadial ao longo do canal. No início do Último Máximo Glacial fase mais seca gera dessecação do horizonte superficial do solo hidromórfico, com queimadas e concentração de carvões. Na sequência desse período inicia-se colmatagem do canal de 2ª ordem por sedimentos provenientes das encostas circundantes, regados pelo escoamento superficial. No final do Último Máximo Glacial possível flutuação climática para mais úmido promove a desestabilização de Nitossolos nas encostas circundantes e sedimentação coluvial no canal de segunda ordem, diante de movimentos de massa.

No período seguinte, talvez Holoceno Médio (?), os fenômenos de morfogênese truncaram parcialmente sedimentos coluviais que colmataram o canal. Acredita-se que esteja relacionado a fase mais seca, embora não se possa precisar. A retomada da pedogênese, com a remobilização de sesquióxidos de ferro e formação de concreções em subsuperfície no eixo central do paleocanal, atesta a retomada da umidificação climática e deve estar associada a pedogênese moderna Holoceno Superior (?). Enfim, constata-se que os fenômenos de pedogênese e morfogênese nas ombreiras do médio vale do rio Marrecas (Sul do Brasil) estão em conformidade com outros reconhecidos na S2 no que se refere ao período entre o Último Interestadial e o Último Máximo Glacial, enquanto que fatos sugeridos como ocorridos no Holoceno necessitam melhor compreensão.

**AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq/UNIOESTE pela bolsa IC e a CAPES/CNPq (Projeto 144/2012-PVEs) pelo apoio financeiro.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALMEIDA, F.F.M. O Planalto basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, n.24, p.3-34, 1956.
- BERTOLDO, E.; PAISANI, J.C.; OLIVEIRA, P.E. Registro de Floresta Ombrófila Mista nas regiões sudoeste e sul do Estado do Paraná, Brasil, durante o Pleistoceno/Holoceno. **Hoehnea** 41, p.1-8, 2014. doi:10.1590/S2236-8906201400010001
- BERTRAN, P.; TEXIER, J.P. Facies and microfacies of slope deposits. **Catena**, 35, 99-121, 1999.
- CATT, J.A. Paleopedology Manual. **Quaternary International** 6, p.1-95, 1990.
- CAMARGO FILHO, M.; BERTOTTI, L.G.; SILVA, D.W.; GUERREIRO JUNIOR, L.A. Caracterização e distribuição de paleossolo de 44ka e sedimentos sobrepostos da encosta monjolo, Lapa-PR. **Geosul**, v. 31, p. 289-308, 2016.
- CAVAZINI, A.; PAISANI, J.C.; PEREIRA, J.S. Caracterização do registro estratigráfico de paleovale de baixa ordem hierárquica no médio vale do Rio Marrecas. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO (EAICTI) DA UNIOESTE, 1º, 2015, Cascavel:Edunioeste, 19 a 23/10/2015, 4p.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.
- CHMYZ, L. **Aspectos vulcanogênicos das rochas ácidas do Tipo Palmas da província magmática do Paraná aflorantes no Sudoeste Paranaense**. 2013, Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2ª Edição, 2006, 412p.
- FACHIN, A. **Quadro evolutivo de paleocabeceira de drenagem do rio Chopinzinho – Planalto das Araucárias (Superfície 2)**. 2013, Dissertação (Mestrado em Geografia) - PPGGeo, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.
- GUERRA, S.; PAISANI, J. C. Levantamento estratigráfico das formações superficiais Cenozóicas no Planalto de Palmas (PR) e Água Doce (SC): subsídio ao estudo da evolução da paisagem a partir do Estágio Isotópico Marinho 3, **Revista Ambiente**, UNICENTRO, v.8, Ed. Especial,

**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARRECA DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO - SUL DO BRASIL**

- p.651-665, 2012.  
doi:10.5777/ambiência.2012.05.03
- GUERRA, S., PAISANI, J.C. Abrangência espacial e temporal da morfogênese e pedogênese no Planalto de Palmas (PR) e Água Doce (SC): subsídio ao estudo da evolução da paisagem quaternária. **Geociências**, UNESP, 32, p.501-515, 2013.
- HUGHES, P.D. Geomorphology and Quaternary stratigraphy: the roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy. **Geomorphology** 123, p.189-199, 2010. doi:10.1016/j.geomorph.2010.07.025
- IAPAR (Instituto Agranômico do Paraná). **Médias históricas em estações do IAPAR**. Estação Francisco Beltrão. [www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Francisco\\_Beltrao.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Francisco_Beltrao.htm). Acesso: 16/08/2016.
- LONG, J.A., STOY, P.C. Quantifying the periodicity of Heinrich and Dansgaard-Oeschger events during Marine Oxygen Isotope Stage 3. **Quaternary Research** 79, p.413-423, 2013. doi:10.1016/j.yqres.2013.02.003
- MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 3, p.103-225, 1948.
- MAACK, R. Notas complementares à apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do Estado do Paraná (Brasil). **Arquivos do Museu Paranaense** 7, p.351-361, 1949.
- MAACK, R. **Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná**. Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio/Instituto Nacional do Pinho – Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. Escala: 1:750.000, 1950.
- MELO, M.S.; MEDEIROS, C.V.; GIANNINI, P.C.F.; GARCIA, M.J.; PESSENDA, L.C.R. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, Pr. **Geociências**, UNESP, v.22, n.1, p.33-42, 2003.
- NICHOLS, G. **Sedimentology and stratigraphy**. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1999.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes de solos do Brasil – guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: UNESP, 1992.
- OLIVEIRA, L.; PAISANI, J.C. Sedimentologia de depósitos de articulação encosta/calha fluvial de paleocanal de 2ª ordem hierárquica do Planalto de Palmas (PR)/Água Doce (SC) – Sul do Brasil. **SIMPÓSIO PARANAENSE DE PÓS-GRADUAÇÕES EM GEOGRAFIA - SIMPGEO**, VI, 2012, Guarapuava: UNICENTRO, 5 a 8/11/2012, p.1748-1762.
- PAISANI, J.C. Utilização de diagrfias granulométricas no estabelecimento da lito e pedoestratigrafia de rampa arenosa costeira – o caso da Praia Mole (Ilha de Santa Catarina). **Geografia**, UEL, v.13, p.139-151, 2004.
- PAISANI, J. C.; GEREMIA, F. Evolução de encostas no Planalto Basáltico com base na análise de depósitos de colúvio – médio vale do rio Marrecas, SW do Paraná. **Geociências**, UNESP, v.29, n.3, p.321-334, 2010.
- PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E. Propriedades micromorfológicas de colúvios em encosta no médio vale do rio Marrecas (Sudoeste do Estado do Paraná) – bases para distinção de formações superficiais alóctones e autóctones em substrato basáltico. **Pesquisas em Geociências**, 39 (1):53-62, 2012.
- PAISANI, J.C., CALEGARI, M.R., PONTELLI, M.E., PESSENDA, L.C.R., CÔRREA, A.C.B., PAISANI, S.D.L., RAITZ, E. O papel das mudanças climáticas do Quaternário Superior na dinâmica evolutiva de paleovale de segunda ordem (Sul do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 14, p.103-116, 2013b.
- PAISANI, J.C.; FACHIN, A.; PONTELLI, M.E.; OSTERRIETH, M.L.; PAISANI, S.D.L.; FUJITA, R.H. Evolução de paleocabeceira de drenagem do rio Chopinzinho (Sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n.1, p.43-59, 2016a. doi:10.20502/rbg.v17i1.735
- PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/ NW Santa Catarina): primeira aproximação, **Geociências** 27, p.541-553, 2008.
- PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E.; CALEGARI, M.R. Contribuição para a reconstrução de perfis de alteração no Planalto de Palmas/Água Doce – Sul do Brasil. **GEOgraphia**, ano 17, n.34, p.225-246, 2015.
- PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E.; GEREMIA, F.; FORTES, J.A.E. Análise de lineamentos na Bacia do rio Quatorze – Sudoeste do Paraná, **Revista Varia Scientia**, Unioeste, v.05, n.10, p.65-74, 2005.

PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., PEREIRA, J.S., CAVAZINI, A.J.  
**PEDOGÊNESE E MORFOGÊNESE NO MÉDIO VALE DO RIO MARREAS DURANTE O QUATERNÁRIO  
TARDIO - SUL DO BRASIL**

- PAISANI, S.D.L.; PAISANI, J.C.; OSTERRIETH, M.L.; PONTELLI, M.E. Significado paleoambiental de fitólitos em registro pedoestratigráfico de paleocabeceira de drenagem – Superfície de Palmas-Água Doce (Sul do Brasil). **Geociências**, v.35, n.3, p.429-445, 2016b.
- PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., CALEGARI, M.R. Evolução de bacias de baixa ordem nos 41.000 anos AP – Brasil Meridional. **Revista Mercator** 11, p.131-148, 2012. doi:10.4215/RM2012.1126.0009
- PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; CORRÊA, A.C.B., RODRIGUES, R.A.R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols – a basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences** 48, p.1-12, 2013a. doi:10.1016/j.jsames.2013.07.011
- PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; OSTERRIETH, M.L.; PAISANI, S.D.L.; FACHIN, A.; GUERRA, S.; OLIVEIRA, L. Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucaria Plateau – record of continental environmental conditions in Southern Brazil at the end of MIS 3. **Journal of South American Earth Sciences** 54, p.57-70, 2014. doi:10.1016/j.jsames.2014.04.005
- PEREIRA, J. S.; GUERRA, S. Caracterização estratigráfica de cabeceira de drenagem localizada no Planalto das Araucárias Sul do Brasil. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 32-32, 2014.
- PETIT, J.R., JOUZEL, J., RAYNAUD, D., BARKOV, N.I., BARNOLA, J.M., BASILE, I., BENDER, M., CHAPPELLAZ, J., DAVIS, M., DELAYGUE, G., DELMOTTE, M., KOTLYAKOV, V.M., LEGRAND, M., LIPENKOV, V.Y., LORIUS, C., RITZ, C., SALTZMAN, E., STIEVENARD, M. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. **Nature** 399, p.429-436. 1999.
- PONTELLI, M.E.; PAISANI, J.C. Foz do Iguaçu: geomorphological context of the Iguaçu Falls. In: VIEIRA, B.C.; SALGADO A.A.R.; SANTOS, L.J.C. (Orgs.) **Landscapes and Landforms of Brazil**. Springer, 31, p.339-347, 2015.
- PONTELLI, M.E.; BERTUOL, E.C.; ALMEIDA, B.K. Estágio de intemperismo na superfície interplanáltica de Clevelândia, Planalto das Araucárias (Sul do Brasil). **Revista Geonorte**, Ed. Especial 4, v.10, n.4, p.82-88, 2014.
- RABASSA, J., PONCE, J.F. The Heinrich and Dansgaard-Oeschger climatic events during Marine Isotopic Stage 3: Searching for appropriate times for human colonization of the Americas. **Quaternary International** 299, p.94-105, 2013. doi:10.1016/j.quaint.2013.04.023
- RIFFEL, S.B.; VASCONCELOS, P.M.; CARMO, I.O.; FARLEY, K.A. Goethite (U-Th)/He geochronology and precipitation mechanisms during weathering of basalts. **Chemical Geology** 446, 18-32, 2016. doi:10.1016/j.chemgeo.2016.03.033
- SCHAETZL, R., ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambientes fluviais**, 2a. edição, Florianópolis: UFSC/UFPR, 1990.
- STOOPS, G. **Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. Soil Science Society of America, Inc., Madison, 2003.
- THOMAS, M. **Geomorphology in the Tropics: A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes**. Wiley, 1994, 460p.
- WATCHMAN, A.L.; TWIDALE, C.R. Relative and 'absolute' dating of land surfaces. **Earth-Science Reviews**, v.52, p.1-49, 2002.
- WILDNER, W.; BRITO, R.S.C.; LICHT, O.A.B.; ARIOLI, E.E. **Geologia e recursos minerais do Sudoeste do Estado do Paraná – Escala 1:200.000**, Brasília: CPRM, 2006 (Convênio CPRM/MINEROPAR).